NUOVO APPARECCHIO D'INDUZIONE TELLURICA DI LUIGI PALMIERI

Luigi Palmieri



AVVERTIMENTO

Volendo dare la descrizione del mio nuovo apparecchio d'induzione tellurica, la fo precedere dalla dotta relazione fattane alla R. Accademia delle scienze dal Cavalier Melloni in nome della Commessione di cui faceva parte, la quale fu incaricata di venire a verificare i fatti da me annunziati, perchè questa relazione contenendo la storia compiuta di tutte le ricerche fatte sul proposito, può esser sufficiente a mostrare quello che appartiene a me solo, quello che deve esser giudicato appartenermi in comune col Linari e quello che prima era già noto per le sperienze del Faraday e di altri fisici.

Relazione storica ed analitica sulle correnti elettriche indotte dal magnetismo terrestre e sugli ultimi fatti comunicati all' Accademia dal professore L. PALMIERI

Signor Presidente, Signori Accademici.

Quando Faraday scoprì, saranno ormai quattordici anni, quella nuova generazione di correnti elettriche istantanee destate ne circuiti chiusi di qualunque metallo dal repentino accostamento o discostamento di una spranga calamitata, egli pensò tosto che se un semplice cambiamento di posizione bastava per ridestare la corrente nel circuito metallico sottoposto all'azione della calamita, l'elettrico doveva necessariamente perdere il proprio equilibrio entro le sostanze metalliche in moto, per la virtù magnetica del globo terrestre.

Due furono i mezzi da lui impiegati per sottoporre questo suo pensiero al cimento dell'esperienza. Avvolta intorno ad un cilindro di ferro dolce lungo un piede e grosso sette ottavi di pollice un elica di filo di rame risultante dalla riunione di dodici spirali sovrapposte, per modo che qualunque contatto metallico fosse rimosso dalla interposizione di fiscelli tessuti ed altre materie isolanti, egli mise in comunicazione i capi del filo colle estremità di un galvanometro, e dopo di aver disposto il cilindro, così preparato nella direzione dell'ago d'inclinazione, lo capovolse subitamente nel piano del meridiano magnetico, per cui una delle sue estremità venendo ad occupare il posto dell'altra, il cilindro trovavasi ancora, dopo il rivolgimento, parallelo all'ago d'inclinazione. L'indice del galvanometro percorse parecchi gradi del quadrante e ripigliò quindi la posizione iniziale d'equilibrio. Capovolto di bel nuovo il cilindro, l'indice galvanometrico si mosse nel verso opposto, e tornò come prima sullo zero del quadrante. Ripetute due o tre fiate quella operazione, sicchè le inversioni coincidessero colle oscillazioni, l'indice oscillò sopra un arco di 150 a 160.°

Quantunque siffatta esperienza mostrasse le correnti ottenute essere affatto simili a quelle che scorrevano nel medesimo apparecchio repentinamente accostato ad una gran calamita artificiale, come il Faraday si n'era prima convinto, pure questo dottissimo e sagacissimo fisico non si tenne per soddisfatto.

E veramente, la forza magnetica del globo, diceva egli, non opera qui soltanto sulle spire di rame, ma benanche, e principalmente, sul cilindro di ferro dolce, il qual cilindro diventa una calamita *di posizione*, i cui poli, malgrado le successive inversioni, rimangono sempre diretti verso gli stessi punti della globo, e producono così sul filo di rame il medesimo effetto di una spranga magnetica introdotta e ritirata alternativamente, per lo stesso verso, nell'interno dell'elica diretta e capovolta, turbando ad ogni mossa l'equilibrio del fluido elet-

*

trice. La massima parte delle correnti indotte in quest' apparecchio non procede dunque direttamente dal magnetismo terrestre.

Faraday tentò pertanto l' esperimento diretto; rimosso il cilindro di ferro dolce, e sottoposta la sola elica di rame alle medesime alternative di movimento e di quiete in quelle date posizioni dell' orizzonte, vide l' indice del galvanometro deviare meno di prima, ma però con tal vigore da percorrere degli archi di 80, e 90° d' ampiezza, quando si rendevano dieci o dodici volte cooperanti le inversioni del cilindro colle oscillazioni dell' ago magnetico.

Queste sperienze si trovano descritte, con espressioni poco diverse da quelle che abbiamo adoperate, in due belle e notissime memorie del Faraday stampate nelle *Transazioni Filosofiche* della Società Reale di Londra per l anno 1831, tradotte in francese ed inserite nel tomo 51 degli Annali di Chimica e di Fisica di Parigi, ove ciascheduno potrà riscontrarle a suo piacere. Noi abbiam voluto riferirle distesamente per ben definire lo stato in cui si trovava la quistione sin dai primi lavori intorno alle correnti indotte dal magnetismo terrestre, e ribattere così le strane pretese di scoperte e d' invenzioni di tutti coloro i quali non fecero altro che riprodurre in seguito, con apparecchi totalmente analoghi, l' una o l' altra di queste due sperienze dell' illustre fisico inglese.

E giusto però che si faccia una eccezione a favore di due nobilissimi ingegni italiani, il Nobili e l' Antinori, che al solo annunzio della scoperta dei fenomeni d' induzione delle calamite, rinvennero le due sperienze del Faraday relative al magnetismo terrestre, inventandole, per così dire, una seconda volta. Ma queste loro speculazioni essendo di una data posteriore, i fisici non posero mai in dubbio l' origine della scoperta, che fu sempre attribuita al Faraday.

L' efficacia del nostro pianeta per eccitare le correnti elettriche d' induzione essendo ben accertata mediante la deviazione dell' ago calamitato, non si trattava più che di trovare il modo di rendere queste correnti sufficientemente energiche onde ottenere gli altri caratteri appartenenti alla elettricità dinamica, cioè a dire, le azioni chimiche, la scossa, la scintilla, e l' arroventamento o la combustione de' metalli.

Occupato delle sue ingegnosissime ricerche intorno alla decomposizione de' corpi per mezzo delle correnti idroelettriche, Faraday non fece nessun tentativo onde avere questi effetti, i quali, quantunque fossero pure conseguenze della teorica, volevano tuttavia essere confermati dall' esperienza, e Nobili, che aveva cominciato una bella serie d' investigazioni tendenti a raggiugnere la meta, mancava al numero di que' generosi che sostengono nell' arringo scientifico l' onore del nome italiano. Poco tempo innanzi alla sua morte il Nobili aveva però pubblicato, congiuntamente coll' Antinori, un altra memoria sui fenomeni d' induzione terrestre, ove dimostravasi come la corrente prodotta quando l' elica si stacca dalla direzione dell' inclinatorio cospiri con quella che riproducesi mentre l' elica

capovolta ripiglia la posizione primitiva. In questo lavoro i due chiarissimi sperimentatori mostravan pure la necessità di prendere in considerazione l'ampiezza delle spire nel ripetere l'ultima esperienza del Faraday, dove le correnti si manifestano a dirittura sul filo di rame, senza l'azione intermedia del ferro, avendo essi ottenuto, con una data lunghezza di filo, degli effetti tanto maggiori quant' era maggiore il diametro dell'elica, che venne esteso persino a 10 piedi (1). Ma le imperfette nozioni che si possedevano allora sul modo di paragonare, mediante le deviazioni del galvanometro moltiplicatore la energia delle varie correnti elettriche, fece loro considerare come legge generale ciò che apparteneva alle sole combinazioni di alcuni di questi strumenti colle diverse spirali impiegate e rimasero pertanto incerti il numero e dimensione di spire, i diametri e lunghezze di filo più idonei agli effetti che volevansi ottenere dalle correnti indotte col magnetismo del globo.

Allora cessarono per diversi anni le tentative di scossa, scintilla, e decomposizione chimica, in virtù delle dette correnti, ed i fisici si contentarono di riscontrare il fenomeno della induzione terrestre colla sola perturbazione introdotta nella posizione naturale dell'ago magnetico.

Alcuni segni d'azion chimica parvero bensì mostrarsi nell'aprile del 1838, al Commendatore Antinori mentr' egli stava provando una delle eliche appartenenti al I. Museo di Firenze (2). Tuttavia l'esperienza non essendo stata, nè descritta, nè ripetuta, non fu permesso ai fisici di accertarsi compiutamente se tali segni erano veramente dovuti alle correnti d'induzione terrestre, o ad altra cagione, per cui il fatto non fu, nè poteva essere, considerato come incontrovertibile.

Ma se le nozioni relative alle correnti d'induzione terrestre rimanevano stazionarie, la scienza delle correnti indotte dalle calamite progrediva rapidamente. Clarke e Pixii trovavano il modo di rendere cospiranti le due opposte correnti d'avvicinamento e di scostamento, riproducevano con modi facili e spediti la scintilla già ottenuta dal Faraday, dal Nobili, dall'Antinori, osservavano l'arroventamento de fili di platino, la combustione del ferro, la scossa e la decomposizione dell'acqua. Ohm, Fechner, Becquerel, Matteucci, Peltier, Pouillet, de la Rive, studiavano con successo le proprietà d'ogni maniera di correnti elettriche, e diffinivano chiaramente perchè le azioni, così dette, *fisiche*, cioè la scintilla l'arroventamento e la combustione de' metalli, esigevano pochi ed ampi elementi negli elettromotori idroelettrici e termoelettrici, fili grossi e di poca lunghezza negli apparecchi d'induzione, e perchè le azioni *chimiche* volevano delle pile composte di

(1) *Antologia di Firenze*. N° 131 Memorie ed istrumenti del Cav. Leopoldo Nobili

(2) Elementi di fisica sperimentale di F. Baroet, tradotti dall'abate L. Morelli, Firenze 1839. pag. 37 dell'Appendice.

molte coppie negli strumenti del Volta e del Seebeck, o de' fili lunghi e sottili nelle esperienze del Faraday.

Profittando di questi progressi, i professori Linari e Palmieri (1) ripigliarono verso la fine del 1840 lo studio delle correnti indotte dal magnetismo terrestre; e dopo alcuni anni di applicazioni e di prove, essi annunziarono all' Accademia di aver ottenuto colle dette correnti la decomposizione dell' acqua e la scossa, mediante una macchina di loro invenzione cui, e' diedero il nome di *batteria magneto-elettro-tellurica*. Noi non ripeteremo qui la nota descrizione di questo strumento (2): diremo bensì che il suo principio fondamentale è quello stesso su cui poggia la prima esperienza del Faraday; colla differenza che invece d'un cilindro gli autori impiegarono una serie di tubi di ferro, ottenendo così il doppio vantaggio, di conservare una maggior quantità di filo di rame presso i corpi induttori, ed avere una minor massa rotante: senza diminuire perciò l' energia della virtù magnetica, la quale risiede tutta in vicinanza della superficie, come lo dimostrarono le sperienze del Nobili, e d' altri fisici. Le correnti elettriche circolanti nelle eliche avvolte intorno ai tubi erano raccolte con artifizi del tutto analoghi a quelli adoperati nelle macchine elettromagnetiche del Clarke, e trascorrean poscia all' acqua acidulata od alle mani dell' osservatore, secondo che trattavasi di ottenere l' uno o l' altro delle due azioni.

Incaricati di riferire all' Accademia intorno a questi due fatti, ci recammo a dovere di rimuovere ogni ombra di sospetto sulla loro vera cagione: e però, dopo di averli più volte osservati distintamente, facemmo disporre l' asse di rotazione nel piano del meridiano magnetico, per cui i tubi e le eliche soprastanti giravano allora perpendicolarmente al detto piano e i due fenomeni disparvero compiutamente, quantunque la velocità del moto rotatorio, gli attriti degli assi, e le posizioni occupate successivamente dai tubi, per rispetto agli altri ferramenti della macchina, non avesser patito nessuna alterazione. La scossa e la decomposizione dell' acqua per mezzo delle correnti prodotte dall' induzione del globo terrestre rimasero pertanto, a nostro giudizio, ben dimostrate, e le dichiarammo nel rapporto de' 25 Aprile 1843. Anzi siffatte azioni, benchè deboli, ci parvero tali da dover destare fondate speranze di vederne tosto o tardi uscire la scintilla; per cui manifestammo il desiderio che si fornissero agli autori i mezzi di continuare i loro studi secondo questa direzione. E voi accogliendolo gentilmente vi adoperaste per modo, che i professori Palmieri e Linari conseguissero da S. E. il Ministro dell' Interno, un onorevole sussidio, onde compensare in parte le spese necessarie all' uopo.

(1) Se il cav. Melloni qui non ricorda che le conclusioni prime solo, e poi associai al mio lavoro il professor Linari, lo dice poco appresso alla pag. 9. Citando la mia memoria del 1840 — Palmieri.

(2) Num. 17 di questi Rendiconti e Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences de l'Institut de France anno 1843 primo semestre pag. 1442.

L' Accademia non tardò a convincersi di aver ben impiegate le sue cure, poichè i due prelodati professori videro effettivamente, alcuni mesi dopo, sprizzare dalla loro macchina la bramata scintilla.

Noi fummo di bel nuovo incaricati di esaminare questo terzo fatto, e ci persuademmo ugualmente della sua origine tellurica, come consta da un altro nostro rapporto letto all' Accademia nella tornata del 23 Aprile 1844.

Se non che, nell' attestare il nostro convincimento sulla realtà della scintilla d' induzione terrestre credemmo opportuno d' invitare gli autori a cercare di riprodurre, e questa e le precedenti loro sperienze, coll' azione diretta del magnetismo terrestre, e per virtù del movimento impresso alle sole eliche, seguendo in ciò la via già battuta dal Faraday, rispetto alla deviazione dell' ago magnetico.

Questo nostro invito non potè essere secondato che da un solo degli autori, il professor Linari trovandosi sgraziatamente afflitto da una tremenda oftalmia, che gli lascia ben poche speranze di una perfetta guarigione.

L' esito corrispose all' aspettativa come ne casi antecedenti, ed ora, per le cure del professor Palmieri la scintilla elettrica, la scossa, e la decomposizione dell' acqua possono ottenersi mercè una semplice elica di filo di rame rotante intorno ad uno de suoi diametri diretto perpendicolarmente al meridiano magnetico. Noi lasciamo all' autore la descrizione precisa della figura di questa curva, della lunghezza, grossezza, e disposizione del filo che la compone, e ci restringiamo a dire che le sue sperienze, eseguite più volte dinanzi a noi, ci hanno pienamente capacitati, quanto alla riproduzione de tre fenomeni per l' induzione diretta della Terra sull' elica di rame.

Se ci venisse richiesto quali sono le dimensioni e la qualità de' fili, le figure e l' ampiezza delle spire, più acconcie ad ottenere, *col massimo vantaggio possibile*, le azioni fisiche e chimiche di queste correnti direttamente indotte dal magnetismo terrestre, noi risponderemmo che i dati raccolti non contengono ancora gli elementi necessarii alla soluzione di così fatti quesiti.

Il professor Palmieri crede che una sola elica composta con un filo di una grossezza non minore di un millimetro e mezzo, basti per avere le une e le altre azioni. Ma quando in vece di due eliche, l' una specialmente destinata agli effetti fisici e l' altra agli effetti chimici, se ne voglia adoperare una sola, ci parrebbe assai più conveniente il trovar prima, con una serie di sperienze comparative, il limite dove l' allungamento del filo non produce più nessun aumento nella tensione della corrente indotta, e determinata con *la lunghezza più idonea alle azioni chimiche*, istituir poscia, colla medesima qualità di filo, altre sperienze onde avere il limite, *necessariamente inferiore*, delle correnti *più atte alle azioni fisiche*. Ciò posto non si dovrebbe già, a nostro credere, formare con quell' unico filo un elica continua, ma sì bene comporre la curva di altrettante porzioni staccate quant' è il numero delle volte che il filo di *massimo*

effetto fisico sia nel filo di *massimo effetto chimico*, e in quel torno : imperocchè congiunto il capo estremo della prima porzione col capo iniziale della seconda, il fine della seconda col principio della terza, e via dicendo, si verrebbe ad ottenere la spirale più acconcia alle azioni chimiche, e riunite insieme tutte le estremità iniziali da un lato, e tutte le estremità finali dell' altro, si avrebbe certamente dalle varie porzioni così combinate una quantità di elettricità dinamica molto più efficace per le azioni fisiche della corrente elettrica dovuta alle medesime porzioni vincolate per modo da formare una sola elica.

Due fili di lunghezza eguale, l' uno di ferro e l' altro di rame, congiunti insieme con una delle loro estremità in guisa che formino un solo filo due volte più lungo, essendo interposti *nel circuito esterno* della macchina di Clarke offrono al movimento della doppia corrente d' induzione elettro-magnetica una resistenza alquanto maggiore di quella che presentano gli stessi fili divisi ciascheduno in due o quattro porzioni, e alternati sì che l' elettrico, in forza di tale disposizione, sia costretto a passare dal ferro al rame, dal rame al ferro, e così seguitando per tutta la serie della concatenazione metallica. Questo curioso fenomeno, scoperto dal prof. de la Rive, si riproduce egli egualmente colle correnti d' induzione terrestre? In tal caso, sarebbe interessante lo studiare l' effetto della prefata disposizione *nel circuito interno*, ed esaminare pertanto se giovasse l' impiego di due o più metalli nella composizione dell' elica.

Da un precedente lavoro, fatto dal prof. Palmieri prima della sua società scientifica col prof. Linari, risultò che fra tutte le figure isoperimetre l' elissi rotante intorno all' asse maggiore era forse la più vantaggiosa nei fenomeni d' induzione terrestre (1), e però il Palmieri ha dato una forma elittica alle spire del suo apparecchio. Ma qual è la proporzione che deve osservarsi tra i due assi della curva per avere l' effetto massimo? quali sono i valori assoluti di queste dimensioni? O, per dirla in termini famigliari, qual' è la grandezza più conveniente dell' ovale formato dalle circonvoluzioni del filo? e quale, tra le tante specie più o meno oblunghe di siffatte ovali, deve scegliersi di preferenza?

Se le osservazioni del Nobili e dell' Antinori intorno all' influenza del diametro fossero applicabili a qualunque grandezza, ed a qualunque filo, e se, pertanto, aumentando gradualmente l' ampiezza delle spire si ottenesse una energia sempre maggiore nelle correnti indotte entro il filo per virtù del magnetismo terrestre; non ne verrebbe tuttavia di conseguenza, doversi amplificare fuor d' ogni misura le dimensioni dell' elica : perciocchè la tenacità de' materiali presenterebbe in breve un limite da non potersi oltrepassare; e lo presenterebbe eziandio l' acceleramento di rotazione, se non fosse già noto che vi è un termine,

(1) Progresso di Napoli quaderno 53 anno 1839.

verato il quale, l'aumento di velocità scema, invece di accrescere, l'energia de' fenomeni d'induzione.

Ma pure non esservi alcun dato, donde si possa argomentare che debbasi così tosto raggiungere il confine dove l'ulteriore prolungamento del filo cessi dall'imprimere un aumento di energia alla corrente indotta dal globo terrestre nella spirale di rame.

E qui non vale il paragone cogli effetti analoghi sommministrati dalle macchine elettro-magnetiche, perchè ivi la corrente indotta essendo quasi totalmente derivata al magnetismo del ferro su cui poggia il filo di rame, questo, come lo osservò giustamente il Palmieri relativamente ai tubi della batteria magneto-elettro-tellurica, trovasi presto talmente lontano, per la sovrapposizione delle diverse sue circonvoluzioni, da non risentire più che sposata e longinquissima l'azione elettromotrice del corpo induttore. Laonde, dopo di aver impiegata una certa quantità di filo, il resto aumenta la resistenza al movimento del fluido elettrico, senza accrescere sensibilmente la forza della corrente. Dove che, ogni nuova spira aggiunta all'elica rotante di filo di rame senza l'intervento del ferro, non soffre già in virtù del maggiore allontanamento dall'asse della curva un affievolimento di forza induttrice, ma riceve costantemente la medesima quantità d'azione, se non guadagna anzi alcun poco per le osservazioni testè accennate dell'Antinori e del Nobili.

È noto che la forza di decomposizione, relativamente alla scossa ed alla scintilla, è nelle macchine del Clarke assai minore che nelle pile di Volta. Siffatta debolezza d'azion chimica non deriva unicamente, a nostro credere, dalla *istantaneità* delle correnti indotte, come lo suppongono alcuni, ma anche, e principalmente, dalla poca lunghezza del filo che si deve impiegare nella costruzione delle eliche per non allontanarsi troppo dal ferro. Imperocchè; siccome la *tensione* aumenta nell'elettromotore voltaico *colla resistenza interna*, *prodotta dal maggior numero delle coppie elettromotrici*, così la corrente destata nell'elica dovrebbe avere una *tensione* tanto maggiore, quant'è più grande *la resistenza che risulta dalla moltiplicità delle spire, le quali, per una data forza magnetica, costituiscono propriamente gli elementi di questa specie particolare di elettromotore*. Ora i metalli essendo buonissimi conduttori del fluido elettrico, quel poco di filo di rame avvolto intorno alle armature della macchina del Clarke offre, se che nel caso del ferro armato con filo lungo e sottile, *una debole resistenza interna*, per cui la corrente indotta avrà *poca tensione*, e quindi *poca attitudine agli effetti chimici*.

Le diversità ne' rapporti d'energia delle varie azioni elettriche ottenute dai professori Linari e Palmieri colle correnti indotte dal magnetismo terrestre, per rispetto alle azioni analoghe promosse dal magnetismo delle calamite, offrono, se mal non c'apponiamo, una bella conferma della rettitudine di questo nostro ragio-

cino. E di fatto *gli effetti chimici*, *comparativamente agli effetti fisici*, *sono nella batteria magneto-elettro-tellurica più intensi che nella macchina del Clarke*. Ognuno se ne convincerà di leggieri, considerando che i professori Palmieri e Linari videro la decomposizione dell'acqua assai prima della scintilla, quantunque l'unica loro armatura fosse composta di filo piuttosto grosso. Ora se si ponga mente all'estensione del ferro dolce ne' due strumenti, sarà facile il rilevare *che la lunghezza del filo è molto maggiore nella batteria magneto-elettro-tellurica, che nella macchina del Clarke*. Eppure, anche nella detta batteria non si può impiegare una gran quantità di filo per non uscir troppo dalla sfera più attiva del ferro.

Ma la costanza della forza induttrice che opera su ogni spira, nel caso dell'elica senza l'intervento del ferro, e però, *la facoltà di aumentare a piacimento col numero delle spire*, *e la lunghezza del filo*, *la resistenza interna*, *e la forza di questa sorta di elettromotore*, sembrano condurre alla conseguenza, che ivi la tensione non abbia confini.

Sarebbe quindi possibile che formata l'elica rotante con un filo lungo parecchie migliaja di metri si ottenessero delle correnti alla cui istantanea, ma ripetuta ed energica azione, cedessero le chimiche combinazioni che rimasero sinora inconcusse contro la potenza dell'elettromotore voltaico.

Noi termineremo dunque queste nostre considerazioni confortando il prof. Palmieri a proseguire animosamente le sue investigazioni, ed a tentare pertanto di mostrare coll'esperienza, che le *correnti dirette della induzione terrestre* acquistano realmente in certe condizioni una forza capace di vincere le più intime affinità dei corpi, procurando così di aggiugnere al merito di aver prima ottenuto, in virtù di così fatte correnti, e scossa, e scintilla, e chimiche scomposizioni, la gloria che va sempre unita alla scoperta di una nuova forza, o proprietà della materia, la quale reca un movimento importante nelle scienze fisiche, e nelle loro applicazioni agli usi della vita civile.

F. de Luca.
C. Semmola.
L. Sementini.
E. Capocci.
A. Nobile.
M. Melloni *Relatore*.

Nuovo apparecchio d'induzione tellurica di L. Palmieri

Allorchè il Nobili e l'Antinori cercarono di avere la scintilla con gli altri fenomeni elettrici mercè le correnti d'induzione del magnetismo del nostro pianeta, adoperarono delle semplici spirali di filo di rame. Quando io nel 1839 volli riprendere questo argomento, da una parte ricordando i risultamenti negativi di que' due valenti sperimentatori, dall'altra vedendo che con piccole spirali avevansi correnti di una certa forza, qualora venissero esse adagiate su ferro, e da ultimo bramando di serbare una certa somiglianza tra il modo con cui si avevano i fenomeni elettrici dalle induzioni della calamita e quello con cui sperava poterli ottenere dalle induzioni della terra, deliberai di fare uso delle spirali col ferro, con tutte quelle cautele che mi vennero consigliate da precedenti ricerche fatte sul proposito, e quindi associatomi al professor Linari recammo a compimento la batteria magneto-elettro-tellurica per la quale l'Accademia ci diè anche un incoraggiamento (1). Con quello strumento si ebbero, da me e dal professor Linari, e da me solo tutti que' fenomeni elettrici che si hanno con l'apparecchio di Clarke, ma ciò non di meno que' fenomeni non erano interamente generati da induzione tellurica immediata, giacchè una parte di quelle correnti era l'effetto immediato delle induzioni del magnetismo del ferro, e però dovevansi solo mediatamente riconoscere di origine tellurica. Io sentii fin da principio il bisogno di una discussione per ovviare alle obbiezioni che per avventura mi si avrebbero potuto fare, e nella prima memoria presentata a questa R. Accademia nel 1840, cercai di prevenirne le difficoltà e di risponderví; ma con tutto questo era sempre a desiderarsi che la terra manifestasse que' fenomeni immediatamente sopra una semplice spirale di rame, senza aver bisogno del ferro, perchè in tal modo la dimostrazione verrebbe a riuscire evidentissima. Questo stesso desiderio manifestava il cav. Melloni in nome della Commissione di cui faceva parte, ed il Segretario perpetuo nel ripetermelo in nome di tutta l'Accademia raddoppiò quello che io già sentiva, per cui messomi all'opera non solo riuscii felicemente ad ottenere il desiderato scopo, ma in modo superiore alle mie aspettative, per cui mi credo autorizzato a dichiarare che questo nuovo modo di avere i fenomeni d'induzione tellurica sia il solo da adoperarsi non solamente per la sua semplicità e per l'evidenza che genera nell'animo, ma anche perchè è il più acconcio a poter ricevere una molto grande energia. Per la qual cosa, dopo il breve annunzio fatto a questa R. Accademia,

(1) Che io abbia cominciato solo questo lavoro quando non ancora avea conosciuto il professore Linari, ricavasi da una nota da me apposta al secondo volume della prima edizione della traduzione degli elementi di Fisica e di Meteorologia del Pouillet Nap. 1839 e dalla mia memoria pubblicata nel Progresso n° 52 del 1840. La quale il Linari aggiunse una lunga nota per l'altra controversia che ebbe col Matteucci. Ricordo queste circostanze affinchè il Linari non dica che io ho voluto serbarmi la proprietà dell'idea che egli vorrebbe fare comune, quasi fosse nello stesso tempo balenata nelle nostre menti e ci avesse sospinti l'un verso l'altro per attuarla, e non il evento lo faceva ad essermi compagno per fargli cosa grata e per aderire alle premure che me ne fece il comune amico ed egregio meccanico Bonaventura Bandieri.

stimo esser debito mio d'informarla alquanto più distesamente della natura del nuovo apparecchio e de' risultamenti che ne ho avuti.

L'apparecchio è semplicissimo, riducendosi ad una semplice spirale di un solo filo di rame coperto di seta, girevole intorno di un asse che si dispone perpendicolarmente al meridiano magnetico; i due capi di questa spirale van messi in comunicazione con due parti dell'asse fra loro isolate, ed il circuito si apre e s'interrompe con meccanismo quasi del tutto simile a quello dell'apparecchio di Clarke. Il filo di rame è adagiato sopra una curva di legno quasi elittica il cui asse maggiore, ch'è pur quello di rotazione è di 1m, 3 ed il minore di 0m, 8. Ho scelto questa figura dietro alcune sperienze che feci nel 1839 sulle spirali inopersmoire. Il filo che ha la grossezza di un millimetro e mezzo circa è disposto in sette ordini che formano 110 giri, sebbene la scintilla si mostri anche con 120.

Quest'elica si può mettere in moto più agevolmente che la batteria, ed i suoi effetti possono più facilmente rendersi maggiori. Il filo della batteria è di circa 400 metri più lungo di quello della spira di cui è parola, ed intanto con questa si hanno eguali i fenomeni di tensione e maggiori per quelli di quantità. Ma v'ha anche di più. Quella stessa quantità di filo che ora forma la spira del nuovo apparecchio formava prima un'armatura di quantità dell'antica batteria composta di sei elementi molto più grandi di quelli soliti, e frattanto alcuni fenomeni mancavano interamente, come per esempio la scossa, ed altri erano molto deboli, come per esempio la scintilla ch'era tenuissima, ed ora, tolto il ferro, e disposto quello stesso filo di rame nel modo descritto, ottengo i fenomeni tutti in modo assai soddisfacente. La scintilla per esempio è ora visibile anche ad una certa luce in confronto della quale la scintilla della batteria svaniva, il che proviene dalla maggiore quantità. Da ciò risulta essere impossibile avere correnti di molta quantità col mezzo della batteria ed essere invece agevolissimo col metodo delle spirali di rame, e la ragione è molto semplice: volendo delle correnti di molta quantità, ma con tensione bastante ad avere la scintilla, deve adoperarsi del filo grosso, ora quando questo si pone sul ferro dopo fatti due o tre ordini, secondo la grossezza, si è già ad una tal distanza dal ferro ch'è superiore alla sua sfera di azione, per cui è forza passare ad un secondo elemento e così appresso in guisa da render necessario un numero di elementi troppo grande da non potersi agevolmente muovere, riuscendo il sistema troppo lungo e pesante. E per contro, quando il filo si dispone sopra un telaio di legno, col maggiore diametro si può guadagnare più che col ferro non solo, ma il filo può essere di qualunque grossezza e di quella lunghezza che si vorrà o che si crederà bastante. Qui non si trova alcun limite e però si potrà sempre fare uso di una sola spira cui si darà quel grado di efficacia che meglio piacerà. Per la quantità dunque non cade alcun dubbio che col nuovo metodo si guadagna. Veniamo ora alla tensione. Il filo della batteria supera quello del nuovo apparecchio tanto in lunghezza che in peso, ed intanto la scomposizione dell'acqua è

la scossa non sono meno spiccata, dunque anche messe da banda la semplicità, la leggerezza e la maniera più evidente di mostrare i fenomeni d'induzione tellurica i quali non sono così confusi con quelli provenienti dal magnetismo temporaneo del ferro, vi ha anche guadagno nella forza delle correnti ed il sistema è più acconcio a diventare più energico in modo che potrassi da chi abbia maggiori mezzi de' miei fare delle sperienze molto brillanti.

Fra i modi di ottenere la scossa ve n'ha uno che presenta alcune particolarità. Se i due conduttori invece d'impugnarli con le mani bagnate si tuffino in due vasi di vetro di argilla o di metallo in cui vi sia dell'acqua salata o acidolata allora immergendo la destra in uno e la sinistra nell'altro di tali vasi la scossa si sentirà alquanto più distinta; ma sempre più spiccata e tormentosa se si tuffi un dito per parte ne' soprabdetti vasi in vece delle mani intere. E quello che è più degno da notare si è che questo fenomeno cresce in vigore in ragione della maggiore quantità di liquido contenuto ne' vasi. Con l'apparecchio di Clarke si ovvera anche lo stesso.

Dopo tutto questo io conchiudo che l'uso del ferro nelle sperienze d'induzioni tellurica deve essere abbandonato, essendo per tutte le ragioni migliore il nuovo apparecchio, e solo in un caso si potrà ancora ritenere le spirali col ferro ed è quando si volesse esser contenti di vedere nel bujo una piccolissima scintilla con un apparecchio di minimo volume che potrà esser composto con due soli elementi dell'antica batteria. Il sig. Jacobi mi scriveva da Pietroburgo ch'egli stimava le figure fusiforme degli elementi dover dare un massimo di effetto, quando la sezione fosse una parabola la cui ascissa avesse tale lunghezza da fare che l'elemento venisse ad avere nel mezzo un diametro eguale a quattro volte e mezzo quello degli estremi. Mi parea difficile che si potesse tanto filo di rame accumulare sopra un solo elemento, ma pure volli assicurarmi della cosa per esperienza, ed avendo disegnata con ogni diligenza una parabola di cui era data l'ascissa corrispondente ad un ordinata, ch'era la lunghezza dell'elemento, ne feci la sagoma per regolare la disposizione del filo, ma dopo nove strati mi avvidi che il filo che io seguitava ad aggiungere era sciupato, perchè non si guadagnava più nulla, essendo già fuori dell'influsso del ferro, e per se non potendo dare che debolissime correnti attesa la piccolezza del diametro delle spirali.

Si potrebbe in ultimo domandare se nel nuovo apparecchio d'induzione si possa comporre una batteria di più elementi, al che rispondo che qui non v'è alcuna ragione di farlo, perocchè si può sopra una sola curva di legno adagiare quanto filo si vuole senza esser mai obbligati di passare ad un secondo elemento come quando si usa il ferro. Un solo filo dunque di una certa grossezza e lunghezza basta a' fenomeni di quantità e di tensione. I fili di piccolo diametro anche lunghissimi sono qui da evitare, perchè ho per esperienza conosciuto che i fenomeni che diconsi di tensione suppongono una certa quantità, e quelli che diconsi di quantità suppongono una certa tensione, per cui

siccome non un sol giro di filo anche grossissimo non avrebbe la scintilla col resto de' fenomeni di quantità, così con un filo molto tenue anche lunghissimo si avrebbe con difficoltà qualche segno de' fenomeni di tensione. L'esperimento comparativo più sopra citato basta a dimostrare questa verità, oltre a molti altri che potrei recare in mezzo. Nè si adduca qui l'esempio dell'apparecchio di Clarke dove v'ha un armatura a filo sottilissimo, perocchè con quel filo si ha ben netta la scintilla la quale mostra che v'è quantità: ecco perchè se si mette quell'armatura in comunicazione con un galvanometro a filo cortissimo, quale è il comparatore del Nobili, si ha un bel deviamento, nell'atto che l'ago appena mostra un lieve tremito con una spirale anche lunghissima per l'azione della terra. Con questa avvertenza si potrà dato un certo diametro al filo aumentare la tensione con la lunghezza, e serbata una certa lunghezza aumentare la quantità accrescendone il diametro.

Quando si voglia fare uso del ferro debbono aversi le stesse regole, ma i diametri de' fili è mestieri che siano più piccoli, altrimenti tosto si esce fuori della sfera di azione del medesimo, per cui si dovrebbe di troppo accrescere la superficie del ferro moltiplicando gli elementi, per giungere ad un certo grado di tensione che accompagnar deve anche i fenomeni di quantità. Dalle varie sperienze che ho avuto occasione di fare mi son persuaso, che facendo uso del ferro bisogna limitarsi tra un mezzo millimetro ed un millimetro pel diametro de' fili. Per le spirali senza ferro il diametro de' fili torna utile che sia più grande, e cominciando da un millimetro o meno si può andare dove si vuole, giacchè, il ripeto, in questa generazione di spirali non si trova alcun limite.

Dalle cose dette apparisce che in questa maniera di spirali per avere ben distinta la scintilla deve darsi al filo una tale lunghezza dalla quale si ottengano anche i fenomeni di tensione, così non è necessario assolutamente ricorrere ad una doppia armatura, quantunque si possa farne una più specialmente ordinata al primo scopo ed un altra pel secondo. In questo caso chi volesse sovrapporre l'una spira all'altra nello stesso telajo, senza fare una novità scientifica cadrebbe in un errore di meccanica, essendo obbligato a muovere due eliche quando solo una deve servire all'esperimento, nel resto poi non farebbe alcun guadagno o alcuna perdita, tenendo sempre aperto uno de' circuiti, perchè se quello che non deve operare sia chiuso si avrà piuttosto una lieve diminuzione nella corrente che si fa operare, la quale diminuzione potrebbesi vedere anche più spiccata avvolgendo i due fili in modo che ciascun giro del primo fosse contiguo a ciascun giro del secondo, appunto come non ha guari faceva il Wartmann nelle sue ricerche sulle induzioni voltaiche, e come già prima di tutti avea fatto il Faraday.

Articolo estratto dal n° 11 del Rendiconto della R. Accademia delle Scienze di Napoli

DESCRIZIONE DELL' APPARECCHIO

a b (*fig.* 1.) è un telaio di legno di figura ellittica, sul quale è adagiato il filo di rame vestito di seta (V. la Memoria antecedente). Gli estremi capi del filo vanno a terminare nell'asse di rotazione, e propriamente uno in un anello di ottone cui è unito il disco di ferro *l* (*fig.* 3), e l'altro con l'asse interno *p*, rimanendo questi due pezzi metallici separati da un anello cilindrico di avorio o di legno. Il disco con l'anello metallico che gli è dietro e l'asse metallico *p* sono i due poli dell'apparecchio.

Lo zoccolo di legno *A* (*fig.* 2 e 3) che sta in mezzo a due pezzi metallici messi in comunicazione mercè il ponticello di rame *d*, la colonnetta di ottone *s* terminata dalla molla di rame *c*, non che la molla di pressione *r*, sono ordinate come nell'apparecchio del Clarke.

Lo zoccolo *A* delle figure 2 e 3 è collocato sulla tavoletta *h* della figure 1.

Il telaio *a b* si fa girare intorno del suo asse mercè una ruota dentata ed un rocchello. Nella figura si vedono due ruote, ma una la feci porre per cautela nel caso che avessi bisogno di maggiore velocità, potendosi il manubrio sì adattare alla prima o alla seconda ruota ed anche immediatamente all'asse.

Il filo di rame coperto di seta è grosso un millimetro e mezzo e fa 290 giri disposti in sette ordini.

Si può questo filo rimanere o quando o quando interrotto siccome il Melloni dice nella sua relazione ed unirne poi i capi l'un dopo l'altro in modo da farne un solo, siccome m'è accaduto tante volte di fare: in questo caso i fili possono anche unire in modo simile a quello che nella batteria dicesi di quantità, il che costituisce un elica moltiplice che per effetto corrisponde ad una semplice il cui filo abbia la grossezza quanto la somma di tutti quelli della spirale semplice. Quando si fa uso del ferro poi le molte spirali sono necessarie, ma debbono essere tante per quanti sono gli elementi: ricorrere più spirali soprapposte allo stesso elemento è cosa o inutile o nociva, siccome ricavasi dal raziocinio e dall'esperienza. Quando la prima volta composi la spirale che ora descrivo, la rimasi interrotta a quando a quando e poi ne unii diversamente i capi, ma siccome vidi che quando gli univa in modo da formare un solo filo, avea effetti migliori, così saldai definitivamente tutt'i capi. Ecco dunque a che riducesi la questione delle spirali soppraposte adoperate già da Faraday e poi da me e da Linari, siccome può vedersi dalle varie scritture pubblicate sul proposito (1).

(1) V. L'Omnibus n.° 47, 1841.

Collocato l'apparecchio in modo che l'asse di rotazione sia perpendicolare al meridiano magnetico e messo sull'asse *p* un pezzo eccentrico come nell'apparecchio del Clarke se si prendano con le mani bagnate di acqua salata o acidolata i due manubri *kk* di ottone uno de' quali comunichi con l'asse *p* ed un altro col metallo dello zoccolo, si avrà la scossa. Se in vece de due manubri si prendan due lamine e si tuffino in due vasi di vetro pieni di acqua acidolata o salata e poi s'immerga un dito in ciascun di questi vasi la scossa si avrà anche più spiccata (V. la Mem. antecedente).

La scomposizione dell'acqua si ha anche come nell'apparecchio del Clarke (*fig.* 2) volendo i gas separati si deve porre sull'asse *p* un commutatore.

La scintilla si può avere in tre modi: uno è quello dinotato dalla figura 3, dove un filo di ferro introdotto nell'asse si porta a contatto col disco di ferro *l* in cui vi sono due larghe fenditure. Il secondo modo di avere la scintilla è quello dinotato dalla figura 4 il quale consiste nel porre all'estremo dell'asse *p* una stelletta di ottone a due punte le quali passano nel mercurio contenuto in una coppa che comunica col metallo dello zoccolo. L'ultimo modo finalmente consiste nel porre sull'asse *p* un pezzo eccentrico e due interruzioni sul quale preme la molla di rame *v* indicata nella figura 2, nel modo stesso che si usa per la scossa.

Chiunque conosca l'apparecchio del Clarcke non ha bisogno di altra spiegazione.



